

УДК 331.101 : 656.13

Л.Н.ШУТЕНКО, Э.В.ГАВРИЛОВ, доктора техн. наук
Харьковская государственная академия городского хозяйства

ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Рассматривается современная классификация типов транспортных потоков на автомобильных дорогах. Предлагается новый подход к классификации, в основу которого положены характеристики взаимодействия водителей со средой движения.

Наблюдения за режимами движения автомобилей, анализ границ применения различных математических моделей движения транспортных потоков в зависимости от уровней загрузки дороги показывают, что можно выделить четыре типа транспортных потоков: свободный, частично связанный, связанный и плотный (насыщенный) (табл.1).

Таблица 1 – Типы транспортных потоков и их характеристики

Тип транспортного потока	Показатели состояния потока			Характеристика состояния
	Z	C	ρ	
Свободный	Менее 0,2	Более 0,9	Менее 0,1	Автомобили не взаимодействуют друг с другом, обгоны практически отсутствуют
Частично связанный	0,2 – 0,45	0,7 – 0,9	0,1 – 0,3	Автомобили движутся «пачками», совершается много обгонов
Связанный	0,45 – 0,7	0,55 – 0,7	0,3 – 0,7	Поток состоит из отдельных больших групп и «пачек». Обгоны затруднены
Плотный (насыщенный)	0,7 – 1,0	0,4 – 0,55	0,7 – 1,0	Сплошной поток автомобилей, движущихся в колонном режиме. Обгоны отсутствуют

Для идентификации типа потока обычно используют такие показатели: коэффициент загрузки Z , коэффициент скорости C , коэффициент насыщенности ρ . Эти коэффициенты определяют по формулам [1]

$$Z = \frac{N}{P}; \quad C = \frac{V_Z}{V_{жс}}; \quad \rho = \frac{q_Z}{q_{\max}}, \quad (1)$$

где N – интенсивность движения; P – пропускная способность данного участка или элемента дороги; V_Z – фактическая скорость движения; $V_{жс}$ – желаемая для водителя скорость движения в свободных условиях; q_Z – фактическая плотность движения; q_{\max} – максимально возможная плотность движения.

Перечисленные показатели дополняются характеристиками движения, которые включают наличие обгонов, эмоциональное состояние водителей и пассажиров, экономичность движения и т.п.

Несмотря на многообразие показателей и характеристик идентификация типов транспортных потоков затруднена, поскольку названные характеристики не позволяют однозначно дифференцировать частично связанные и связанные потоки, учитывать дорожные условия и средства организации движения, которые существенно влияют на состояние потока автомобилей. Особое значение для определения состояния потока имеют закономерности поведения водителей, поскольку эти закономерности находят непосредственное отражение в законах движения транспортных потоков.

Учет данных характеристик возможен через показатели взаимодействия водителей в транспортном потоке. Интегральными показателями взаимодействия являются сложность и относительная организация движения автомобилей [2].

Согласно У.Эшби, сложность любой системы (в том числе транспортного потока) может характеризовать ее разнообразие [3]. Под разнообразием понимается количество состояний, которое может принимать система. Мерой сложности является логарифм этого числа

$$H_m = \log_2 n, \quad (2)$$

где H_m – мера сложности (максимальная энтропия системы); n – число состояний системы.

Оценка сложности взаимодействия участников движения через число состояний не показывает, в каком из возможных состояний система находится и в какое состояние она перейдет в следующий момент времени. Чтобы установить это, необходимо длительное время наблюдать за процессом взаимодействия. В результате наблюдения по частоте появления тех или иных состояний можно приближенно судить о вероятностях пребывания участников дорожного движения в этих состояниях. Используя эти вероятности можно судить о хаотичности, неорганизованности взаимодействия. Мерой неорганизованности, неопределенности (энтропии) взаимодействия по К.Шеннону является величина [4]

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i, \quad (3)$$

где H – текущая энтропия взаимодействия; P_i – вероятность пребывания участников взаимодействия в i -м состоянии.

При равных вероятностях принятия участниками движения своих состояний их взаимодействие может считаться полностью дезорганизованным, так как в любой момент оно с равной возможностью может перейти в любое состояние. В этом случае $H = H_m$.

Уменьшение неопределенности можно связать с увеличением организации взаимодействия. Для замкнутой в организационном отношении системы в соответствии с законом сохранения энтропии [5]

$$Q = H_m - H, \quad (4)$$

где Q – абсолютная организация взаимодействия.

Разделив абсолютную организацию Q на H_m и введя обозначение $R = Q / H_m$, получим относительную организацию взаимодействия по Г.Ферстеру [6]

$$R = 1 - \frac{H}{H_m}. \quad (5)$$

Мера R лежит в пределах $0 \leq R \leq 1,0$. Для детерминированного взаимодействия относительная организация R равна единице, для полностью дезорганизованного взаимодействия $R = 0$.

Мера сложности H_m и относительная организация R не связаны между собой линейно, независимы и характеризуют разные стороны транспортного потока и факторов, влияющих на его состояние. Максимальная энтропия H_m зависит прежде всего от интенсивности движения, возможности обгонов и дорожных условий, относительная организация R – от средств организации движения. При движении в колонне $H_m \rightarrow 0$, а $R \rightarrow 1$. В свободных условиях $H_m \rightarrow \max$ и $R \rightarrow 0$.

Сложность и организация взаимодействия безусловно влияют на его результаты – скорость и траекторию движения автомобилей. Поэтому эти результаты можно использовать для оценки показателей взаимодействия.

Положим далее, что в конкретных дорожных условиях скорость изменяется в пределах

$$V_{\min} \leq V \leq V_{\max}, \quad (6)$$

где V_{\min} , V_{\max} – минимальное и максимальное значения скоростей движения соответственно.

Пусть также точность измерения или расчета скорости движения равна ΔV . Тогда число состояний системы

$$n = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{\Delta V}, \quad (7)$$

а сложность взаимодействия

$$H_m = \log_2 \frac{V_{\max} - V_{\min}}{\Delta V}. \quad (8)$$

Пусть скорость V_i за время наблюдения появилась m_i раз при полном числе наблюдений N . Тогда неопределенность взаимодействия

$$H = - \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{N} \log_2 \frac{m_i}{N}, \quad (9)$$

а относительная организация

$$R = 1 - \frac{- \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{N} \log_2 \frac{m_i}{N}}{\log_2 \frac{V_{\max} - V_{\min}}{\Delta V}}. \quad (10)$$

Точность измерения скоростей движения ΔV может быть установлена на основе статистической обработки результатов опытов:

$$\Delta V = \frac{\sigma}{\sqrt{N-1}}, \quad (11)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение скоростей от среднего значения.

Аналогичные оценки могут быть получены и по траекториям движения автомобилей.

Для классификации сложности и организации взаимодействия можно в первом приближении воспользоваться шкалами С.Бира и Ю.Г.Антомонова [7]. Так, в соответствии со шкалой С.Бира:

$0 \leq H_m \leq 3$ – взаимодействие простое;

$3 < H_m \leq 6$ – взаимодействие сложное;

$H_m > 6$ – взаимодействие очень сложное.

В соответствии со шкалой Ю.Г.Антомонова:

$0 \leq R \leq 0,1$ – взаимодействие вероятностное;

$0,1 < R \leq 0,3$ – взаимодействие квазидетерминированное;

$0,3 < R \leq 1$ – взаимодействие детерминированное.

Различные состояния сложности и организации взаимодействия водителей дают представление о состоянии транспортного потока. По-

следнее позволяет предложить эргономическую классификацию типов транспортных потоков по показателям взаимодействия водителей (табл.2).

Таблица 2 – Эргономическая классификация типов транспортных потоков

Показатель сложности взаимодействия, H_m	Показатель организации взаимодействия, R		
	$0 \leq R \leq 0,1$	$0,1 < R \leq 0,3$	$0,3 < R \leq 1$
$0 \leq H_m \leq 3$	Простой вероятностный поток	Простой квазидетерминированный поток	Простой детерминированный поток
$3 < H_m \leq 6$	Сложный вероятностный поток	Сложный квазидетерминированный поток	Сложный детерминированный поток
$H_m > 6$	Очень сложный вероятностный поток	Очень сложный квазидетерминированный поток	Очень сложный детерминированный поток

Предлагаемая классификация проста и наглядна, позволяет с помощью только двух показателей дифференцировать все многообразие типов транспортных потоков на автомобильных дорогах.

1.Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.

2.Гаврилов Э.В., Гридчин А.М., Ряпухин В.Н. Системное проектирование автомобильных дорог. – Москва-Белгород: Изд. АСВ, 1998. – 183 с.

3.Эшби У. Введение в кибернетику. – М.: И.Л., 1958. – 432 с.

4.Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Мир, 1963. – 829 с.

5.Антомонов Ю.Г. Моделирование биологических систем: Справочник. – К.: Наукова думка, 1977. – 260 с.

6.Ферстер Г. О самоорганизующихся системах и их окружении // Самоорганизующиеся системы. – М.: Мир, 1964. – 420 с.

7.Бир С. Кибернетика и управление производством. – М.: И.Л., 1963. – 275 с.

Получено 08.08.2003

УДК 629.113

В.М.ЯСИНСЬКИЙ, О.І.СУБОЧЕВ, канд. техн. наук, О.В.ЯСИНСЬКА

Автомобільно-дорожній інститут Донецького національного технічного університету

ФОРМУВАННЯ ЧЕРГИ НА ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ І ПОТОЧНИЙ РЕМОНТ АВТОМОБІЛІВ

Запропоновано порядок формування черги на технічне обслуговування і поточний ремонт транспортних засобів згідно із змінно-добовим планом в умовах автотранспортних підприємств. Розроблено математичну модель мінімізації черги на технічне обслуговування і поточний ремонт автомобілів. Даються рекомендації для розрахунку формування черги в умовах ПАТ «Донбасенерго» в м. Горлівці.